

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: M. Shimada et al. : Art Unit:  
Serial No.: To Be Assigned : Examiner:  
Filed: Herewith :  
FOR: OPTICAL ELEMENT AND :  
METHOD OF FABRICATION :  
THEREOF

1c857 U.S. PTO  
09/935027  
08/22/01

CLAIM TO RIGHT OF PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231  
S I R :

Pursuant to 35 U.S.C. 119, Applicants' claim to the benefit of filing of prior Japanese Patent Application No. 2000-252519, filed August 23, 2000, is hereby confirmed.

A certified copy of the above-referenced application is enclosed.

Respectfully submitted,

  
Allan Ratner, Reg. No. 19,717  
Attorney for Applicants

LEA/dlm  
Encl.: (1) certified priority document

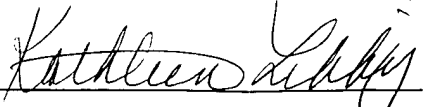
Suite 301, One Westlakes, Berwyn  
P.O. Box 980  
Valley Forge, PA 19482  
(610) 407-0700

The Assistant Commissioner for Patents is hereby authorized to charge payment to Deposit Account No. 18-0350 of any fees associated with this communication.

**EXPRESS MAIL** Mailing Label Number: EL 923263866 US

Date of Deposit: August 22, 2001

I hereby certify that this paper and fee are being deposited, under 37 C.F.R. § 1.10 and with sufficient postage, using the "Express Mail Post Office to Addressee" service of the United States Postal Service on the date indicated above and that the deposit is addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.



Kathleen Libby

ME-327000

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-252519

出 願 人

Applicant(s):

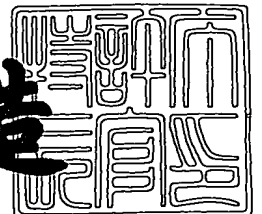
松下電器産業株式会社



2001年 6月15日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3056515



【書類名】 特許願

【整理番号】 2022020204

【提出日】 平成12年 8月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/10  
G02B 6/12

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 嶋田 幹大

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 是永 継博

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 飯田 正憲

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 朝倉 宏之

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100092794

【弁理士】

【氏名又は名称】 松田 正道

【電話番号】 06-6397-2840

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009896

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006027

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路用溝を有するまたは有しない基板と、前記光導波路用溝に充填されたまたは前記基板上に配置された、前記基板より高屈折率の材料とを備え、光の進行方向において前記材料の屈折率が異なっている部分が存在することを特徴とする光学素子。

【請求項 2】 前記材料の屈折率の少なくとも一部が、前記光の進行方向において実質上周期的に変化している、または実質上連続的に単調増加もしくは単調減少していることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

【請求項 3】 前記材料の屈折率の少なくとも一部が、前記光の進行方向と実質上直交する方向において実質上連続的に単調増加もしくは単調減少していることを特徴とする請求項 2 に記載の光学素子。

【請求項 4】 前記材料の屈折率が異なっている部分が、前記材料の温度の相違によってまたは電界の相違によって生じていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 5】 前記屈折率が異なっている部分の前記材料の上に配置され、前記屈折率が異なっている部分の前記材料の温度を変化させるための温度制御素子、または前記屈折率が異なっている部分の前記材料の電界を変化させるための電極をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 6】 光導波路用溝を有するまたは有しない基板と、前記光導波路用溝に充填されたまたは前記基板上に配置された、前記基板より高屈折率の材料とを備え、光の進行方向において、前記材料が前記基板側に凸の部分および／または前記基板が前記材料側に凸の部分が存在することを特徴とする光学素子。

【請求項 7】 前記凸の部分が実質上周期的に設けられていることを特徴とする請求項 6 に記載の光学素子。

【請求項 8】 前記材料がガラス系材料、もしくは樹脂であることを特徴とする請求項 1、2、3、6、7 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 9】 前記樹脂が光硬化性樹脂であり、その光硬化性樹脂が光の照射によって硬化したものであることを特徴とする請求項 1、2、3、6、7 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 10】 前記基板がガラス系材料、もしくは透明樹脂で形成された基板であることを特徴とする請求項 1、2、3、6、7 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 11】 前記光導波路用溝および／または前記基板の凹凸が、表面に凹凸が形成されている型材によって一括形成されたものであることを特徴とする請求項 1、2、3、6、7 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 12】 前記材料上に配置された第 2 の基板をさらに備えたことを特徴とする請求項 1、2、3、6、7 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 13】 基板に光硬化性樹脂を塗布し、前記光硬化性樹脂に光を照射して前記光硬化性樹脂を硬化させる光学素子の製造方法であって、前記光硬化性樹脂面上における前記光の照射強度を変化させることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項 14】 前記光硬化性樹脂面上における所定方向において、前記光の照射強度を周期的に変化させることを特徴とする請求項 13 に記載の光学素子の製造方法。

【請求項 15】 部分的に光透過率の異なるマスクを用いて前記光硬化性樹脂面上における前記光の照射強度を変化させることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の光学素子の製造方法。

【請求項 16】 基板に光硬化性樹脂を塗布し、前記光硬化性樹脂に光を照射して前記光硬化性樹脂を硬化させる光学素子の製造方法であって、前記光硬化性樹脂面上における前記光の照射量を変化させることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項 17】 遮光板を用いて前記光の照射領域を順次変化させて前記照射量を変化させることを特徴とする請求項 16 に記載の光学素子の製造方法。

【請求項 18】 基板に光硬化性樹脂を塗布し、前記光硬化性樹脂に光を照射して前記光硬化性樹脂を硬化させる光学素子の製造方法であって、前記光硬化性



樹脂に他の光学部品を接続して前記光硬化性樹脂を硬化させ、前記光学部品を前記光硬化性樹脂に固定することを特徴とする光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は主として光通信などに用いられる光学素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、公衆通信やコンピュータネットワーク等では高速化、高機能化を目的として、広帯域性をもつ光通信を利用し、波長多重伝送や双方向伝送の機能を付加した光通信システムが浸透しつつある。

【0003】

光通信分野において、高度な光信号処理を行うために、各種機能を持つ光集積回路の研究が盛んに行われている。光集積回路は光導波路を基本要素としているが、光導波路は屈折率の高いコア領域を相対的に屈折率の低いクラッド層で覆うことによってコア領域に光を閉じこめて伝搬させるものであり、コアをパターン化して配列することで、多種の機能を実現している。特に石英系光導波路は低損失性、物理的・化学的安定性、光ファイバとの整合性など数々のメリットを有しており、代表的な受動光導波路となっている。

【0004】

光導波路の製造方法としては、コア・クラッド膜形成方法として火炎堆積法を用い、コアパターン形成法として反応性イオンエッチング法を用いるものが代表的である。コア・クラッドの形成方法としては、火炎堆積法以外にCVD法、真空蒸着法、スパッタ法等も提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような光モジュールにおいてはコスト面、生産性で次のような課題を有していた。

## 【 0 0 0 6 】

多くの提案がなされているにも関わらず、未だに性能、量産性、低コスト性を兼ね備えた光導波路の製造方法は皆無である。これは各種膜形成方法が利点と欠点を併せ持っているためである。例えば火炎堆積法やCVD法では良質なコアが作製できるが、火炎堆積法は1000℃以上の高温アニールが十数時間、複数回必要であり、CVD法は成膜エリアが狭い等、量産面で難点がある。また電子ビーム蒸着やスパッタ法でも低損失な膜形成が可能であるが、膜の形成速度が遅いために、通常10～数十 $\mu$ m程度の膜厚を必要とする光導波路の製造プロセスとしてはコスト的に問題がある。

## 【 0 0 0 7 】

図11に従来の光学素子の製造方法の一例を示す。

## 【 0 0 0 8 】

最初に、基板111上にコアとなる石英系材料114を火炎堆積法により堆積させる（図11（a））。基板111よりも屈折率の高い材料を用いることにより、石英系材料114が光導波路として機能する。次に石英系材料114上にフォトレジスト118を塗布し（図11（b））、ベーキング後、所望のパターンを持つフォトマスクを用いて露光し、現像することでフォトレジスト118をパターンニングする（図11（c））。

## 【 0 0 0 9 】

次に基板111ごと石英系材料114のエッチングを行い、パターンニングする。このときフォトレジスト118はマスクとして働き、石英系材料114が所望のパターンに残る（図11（d））。その後、マスクとして働いたフォトレジスト118を取り除く（図11（e））。同様にして、パターン部分にフォトレジストを塗布し、周期的なパターンを有するフォトマスクを用いて露光、現像した後、エッチングを行ってパターン部分に周期的な溝を形成することにより所望の光学素子が完成する（図11（f））。

## 【 0 0 1 0 】

このような光導波路の製造上の課題に対し、下部クラッドとなる基板に、基板よりも屈折率の高い樹脂を堆積させ、コアとして用いれば、短時間でコアを実現



できるため、非常に有望な光導波路プロセスと考えられる。

【 0 0 1 1 】

本発明は、従来の光学素子の製造方法が有する上述した課題を鑑み、性能、量産性、低コスト性を兼ね備えた光学素子、および光学素子の製造方法を提案することを目的とするものである。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、第 1 の本発明（請求項 1 に対応）は、光導波路用溝を有するまたは有しない基板と、前記光導波路用溝に充填されたまたは前記基板上に配置された、前記基板より高屈折率の材料とを備え、光の進行方向において前記材料の屈折率が異なっている部分が存在することを特徴とする光学素子である。

【 0 0 1 3 】

第 2 の本発明（請求項 2 に対応）は、前記材料の屈折率の少なくとも一部が、前記光の進行方向において実質上周期的に変化している、または実質上連続的に単調増加もしくは単調減少していることを特徴とする第 1 の本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 1 4 】

第 3 の本発明（請求項 3 に対応）は、前記材料の屈折率の少なくとも一部が、前記光の進行方向と実質上直交する方向において実質上連続的に単調増加もしくは単調減少していることを特徴とする第 2 の本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 1 5 】

第 4 の本発明（請求項 4 に対応）は、前記材料の屈折率が異なっている部分が、前記材料の温度の相違によってまたは電界の相違によって生じていることを特徴とする第 1 から第 3 のいずれかの本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 1 6 】

第 5 の本発明（請求項 5 に対応）は、前記屈折率が異なっている部分の前記材料の上に配置され、前記屈折率が異なっている部分の前記材料の温度を変化させるための温度制御素子、または前記屈折率が異なっている部分の前記材料の電界



を変化させるための電極をさらに備えたことを特徴とする第 1 から第 3 のいずれかの本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 1 7 】

第 6 の本発明（請求項 6 に対応）は、光導波路用溝を有するまたは有しない基板と、前記光導波路用溝に充填されたまたは前記基板上に配置された、前記基板より高屈折率の材料とを備え、光の進行方向において、前記材料が前記基板側に凸の部分および／または前記基板が前記材料側に凸の部分が存在することを特徴とする光学素子である。

【 0 0 1 8 】

第 7 の本発明（請求項 7 に対応）は、前記凸の部分が実質上周期的に設けられていることを特徴とする第 6 の本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 1 9 】

第 8 の本発明（請求項 8 に対応）は、前記材料がガラス系材料、もしくは樹脂であることを特徴とする第 1 から第 7 のいずれかの本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 2 0 】

第 9 の本発明（請求項 9 に対応）は、前記樹脂が光硬化性樹脂であり、その光硬化性樹脂が光の照射によって硬化したものであることを特徴とする第 1 から第 8 のいずれかの本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 2 1 】

第 1 0 の本発明（請求項 1 0 に対応）は、前記基板がガラス系材料、もしくは透明樹脂で形成された基板であることを特徴とする第 1 から第 9 のいずれかの本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 2 2 】

第 1 1 の本発明（請求項 1 1 に対応）は、前記光導波路用溝および／または前記基板の凹凸が、表面に凹凸が形成されている型材によって一括形成されたものであることを特徴とする第 1 から第 1 0 のいずれかの本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 2 3 】

第 1 2 の本発明（請求項 1 2 に対応）は、前記材料上に配置された第 2 の基板をさらに備えたことを特徴とする第 1 から第 1 1 のいずれかの本発明に記載の光学素子である。

【 0 0 2 4 】

第 1 3 の本発明（請求項 1 3 に対応）は、基板に光硬化性樹脂を塗布し、前記光硬化性樹脂に光を照射して前記光硬化性樹脂を硬化させる光学素子の製造方法であって、前記光硬化性樹脂面上における前記光の照射強度を変化させることを特徴とする光学素子の製造方法である。

【 0 0 2 5 】

第 1 4 の本発明（請求項 1 4 に対応）は、前記光硬化性樹脂面上における所定の方向において、前記光の照射強度を周期的に変化させることを特徴とする第 1 3 の本発明に記載の光学素子の製造方法である。

【 0 0 2 6 】

第 1 5 の本発明（請求項 1 5 に対応）は、部分的に光透過率の異なるマスクを用いて前記光硬化性樹脂面上における前記光の照射強度を変化させることを特徴とする第 1 3 または第 1 4 の本発明に記載の光学素子の製造方法である。

【 0 0 2 7 】

第 1 6 の本発明（請求項 1 6 に対応）は、基板に光硬化性樹脂を塗布し、前記光硬化性樹脂に光を照射して前記光硬化性樹脂を硬化させる光学素子の製造方法であって、前記光硬化性樹脂面上における前記光の照射量を変化させることを特徴とする光学素子の製造方法である。

【 0 0 2 8 】

第 1 7 の本発明（請求項 1 7 に対応）は、遮光板を用いて前記光の照射領域を順次変化させて前記照射量を変化させることを特徴とする第 1 6 の本発明に記載の光学素子の製造方法である。

【 0 0 2 9 】

第 1 8 の本発明（請求項 1 8 に対応）は、基板に光硬化性樹脂を塗布し、前記光硬化性樹脂に光を照射して前記光硬化性樹脂を硬化させる光学素子の製造方法であって、前記光硬化性樹脂に他の光学部品を接続して前記光硬化性樹脂を硬化

させ、前記光学部品を前記光硬化性樹脂に固定することを特徴とする光学素子の製造方法である。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、図面で同一番号を付した部品は同一のものを示す。

【 0 0 3 1 】

（第 1 の実施の形態）

図 1 は、本発明の光学素子の第 1 の実施の形態を示す。

【 0 0 3 2 】

まず、図 1 のようにガラスもしくは透明樹脂よりなる基板 1 1 の表面に、型（図示せず）を用いた成形により光導波路用溝 1 2 を形成する。

【 0 0 3 3 】

次に光導波路用溝形成面に紫外線硬化樹脂 1 4 を塗布して溝内に充填し、その後、紫外線を照射することで溝内の紫外線硬化樹脂 1 4 は硬化される。紫外線硬化樹脂 1 4 として基板 1 1 よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、溝内の紫外線硬化樹脂 1 4 は光導波路コアとして機能する。

【 0 0 3 4 】

紫外線硬化樹脂は照射する光量によって硬化後の屈折率が 0. 0 0 1 の範囲内で変化するため、溝内の紫外線硬化樹脂 1 4 に周期的な強度分布を有する光を照射することによって、紫外線硬化樹脂 1 4 に周期的な屈折率分布を形成することができる（図 1 （a））。光照射方法として位相マスク法を用い、光の干渉現象を利用して周期的なパターンを形成する（図 1 （b））。なお、紫外線硬化樹脂は、紫外線を照射することによって重合反応が開始し固化するのであるが、照射する光量の相違によって反応の度合いが異なるため屈折率が異なる。

【 0 0 3 5 】

屈折率の分布を周期的にすることで光導波路型の回折格子となる。図 2 （a）のように、屈折率変化の周期を 1  $\mu$  m 以下にすると、特定の波長を光の入射方向と逆方向に反射する。また、図 2 （b）のように屈折率変化の周期を数十  $\mu$  m か

ら数百 $\mu\text{m}$ にすると、特定の波長の光をコア外に放出することで損失を生じさせるため、(a)、(b)の場合ともフィルタとして機能する。

【0036】

なお、本実施の形態では光導波路コア材料として紫外線硬化樹脂を用いたが、これに限るものではなく、例えば熱硬化樹脂を用い、硬化させる温度を部分的に変化させて形成しても構わない。また、本実施の形態では、光照射方法として位相マスク法を用いたが、これに限るものではなく、例えば干渉露光法でも構わない。また、透過率が周期的に変化するフォトマスクを用いてもよい。またレーザー光や電子ビームを走査して照射してもよい。

【0037】

また、本実施の形態では、屈折率分布として周期的な屈折率分布を用いたが、これに限るものではなく、連続的に変化する屈折率分布や、一部が変化する屈折率分布でも構わない。また、光導波路用溝については、本実施の形態で述べたように成形で形成するのが生産上望ましいが、これに限るものでなく、必要に応じてエッチングにより形成しても構わない。

【0038】

(第2の実施の形態)

図3は、本発明の光学素子の第2の実施の形態を示す。

【0039】

まず、図3(a)のようにガラスもしくは透明樹脂よりなる基板31の表面に、紫外線硬化樹脂34を塗布し、薄膜を形成する。紫外線硬化樹脂34として基板31よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、薄膜の紫外線硬化樹脂34は光導波路コアとして機能する。

【0040】

次に、薄膜状の紫外線硬化樹脂34に光を照射する。このとき、遮光板を順次移動させ、紫外線硬化樹脂上の光が照射される領域を変化させることによって、硬化時の照射条件が変化するため、硬化後の樹脂に、屈折率が実質上単調増加する分布が形成される。なお、遮光板の移動速度を変化させることによって任意の屈折率分布を形成することができる。

## 【 0 0 4 1 】

図 3 ( b ) のように、入射光として異なる波長の光  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$  を入射させるとき、光の進行方向に屈折率が実質上単調減少する分布を形成することにより、基板と樹脂との屈折率差が大きい部分では導波していた光が、導波路中を進行していく間に屈折率差が小さくなるため、導波条件を満たせなくなり放射する。光の波長により放射される条件が異なるため、放射される位置が異なる。各波長の光が放射される位置に光ファイバを設置することにより、所望の波長の光を選択して取り出すことができる。

## 【 0 0 4 2 】

また、図 3 ( c ) のように進行方向と実質上直交する方向にも屈折率が実質上単調増加する分布を形成することにより、光の進行方向を変化させ、導波させたまま波長分離を行うことができる。薄膜の端面の光が出射される位置に光ファイバを設置することにより、所望の波長を選択して取り出すことができる。

## 【 0 0 4 3 】

なお、屈折率分布については本実施の形態で述べたように遮光板を用いた光照射で形成するのが生産上望ましいが、これに限るものでなく必要に応じて連続的な透過率を有するマスクにより形成しても構わない。

## 【 0 0 4 4 】

また、本実施の形態においては、基板上に薄膜を堆積させたが、2 枚の基板の間に樹脂を充填して形成してもよい。つまり、第 1 の実施の形態と同様に、光導波路用溝を有する基板の光導波路用溝に紫外線硬化樹脂を充填し、その樹脂に照射する光の量を制御して、光導波路用溝方向において樹脂の屈折率を実質上単調増加または単調減少させ、その上に別の基板を配置してもよい。

## 【 0 0 4 5 】

また、本実施の形態においては、薄膜上の一方向の全ての部分で連続的に屈折率を変化（実質上単調増加または単調減少）させたが、屈折率が等しい部分や離散的に変化する部分が存在してもよい。また、本実施の形態においては、光が放射される位置に光ファイバを設置したが、フォトダイオードなどの受光素子を設置してもよい。

## 【 0 0 4 6 】

(第 3 の実施の形態)

図 4 は、本発明の光学素子の第 3 の実施の形態を示す。

## 【 0 0 4 7 】

まず、ガラスもしくは透明樹脂よりなる基板 4 1 の表面に、型（図示せず）を用いた成形により光導波路用溝 4 2 と、光導波路用溝底面に凹凸部 4 3 を形成する。次に、光導波路用溝 4 2 に紫外線硬化樹脂 4 4 を塗布して溝内に充填し、その後、紫外線を照射することで溝内の紫外線硬化樹脂 4 4 は硬化される。紫外線硬化樹脂 4 4 として基板 4 1 よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、溝内の紫外線硬化樹脂は光導波路コアとして機能する。

## 【 0 0 4 8 】

溝底面の凹凸部 4 3 により、コアの深さが変化するため、等価屈折率が周期的に変化し、導波路型回折格子として機能する。凹凸部 4 3 の周期を変化させることにより、第 1 の実施の形態で述べたように反射型、長周期型の導波路型回折格子となる。

## 【 0 0 4 9 】

なお、本実施の形態では光導波路コア材料として紫外線硬化樹脂を用いたがこれに限るものではなく、例えば熱硬化樹脂でもかまわない。また、光導波路用溝および凹凸部については本実施の形態で述べたように型を用いて成形で形成するのが生産上望ましいが、これに限るものでなく、必要に応じてエッチングにより形成しても構わない。また、別の平板基板を上部に設置し、上部クラッドとして用いてもよい。

## 【 0 0 5 0 】

また、本実施の形態では、基板に光導波路用溝を設けてその光導波路用溝底面に凹凸を形成するとしたが、光導波路用溝を設けることなく、基板表面に、光の進行方向において凹凸を形成し、その上に紫外線硬化樹脂を配置し、光の進行方向部分に紫外線を照射して光学素子を形成してもよく、その場合も、図 4 に示す光学素子と同様な機能を発揮させることができる。

## 【 0 0 5 1 】

## (第 4 の実施の形態)

図 5 は、本発明の光学素子の第 4 の実施の形態を示す。

## 【 0 0 5 2 】

まず、ガラスもしくは透明樹脂よりなる基板 5 1 の表面に、紫外線硬化樹脂 5 4 を塗布し、薄膜を形成する。紫外線硬化樹脂 5 4 として基板 5 1 よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、薄膜の紫外線硬化樹脂 5 4 は光導波路コアとして機能する。

## 【 0 0 5 3 】

次に、紫外線硬化樹脂 5 4 に紫外線を照射して硬化させる。このとき薄膜の一部に紫外線の強度を変化させて照射させることにより、その他の部分より相対的に屈折率が高い部分が形成される。このため周りより屈折率の高い部分に光が閉じこめられ、3次元光導波路として機能する。

## 【 0 0 5 4 】

最後に、温度制御素子 5 5 を薄膜上に設置する。温度制御素子 5 5 を用いて光導波路となっている紫外線硬化樹脂 5 4 を加熱し、紫外線硬化樹脂 5 4 の温度を変化させることにより、樹脂の屈折率が変わる。導波路上の温度制御素子 5 5 を用いて加熱すると、その直下の導波路の屈折率が変わるため、温度制御素子 5 5 の ON / OFF により光スイッチや光偏向器として機能する。

## 【 0 0 5 5 】

なお、本実施の形態では光学素子は、直線の光導波路を例に挙げて説明したが、これに限るものではなく、一般に使用されている光導波路パターンすべてに適用することができる。また、周期的に温度を変化させることにより、回折格子として機能する。

## 【 0 0 5 6 】

また、上述した実施の形態では、屈折率が異なった紫外線硬化樹脂 5 4 の上に温度制御素子 5 5 を設置するとしたが、屈折率が異ならない紫外線硬化樹脂の上に温度制御素子を配置し、その温度制御素子を介して紫外線硬化樹脂を加熱すると、紫外線硬化樹脂には屈折率が異なる部分が生じる。

## 【 0 0 5 7 】



## (第 5 の実施の形態)

図 6 は、本発明の光学素子の第 5 の実施の形態を示す。

## 【 0 0 5 8 】

まず、ガラスもしくは透明樹脂よりなる基板 6 1 の表面に、紫外線硬化樹脂 6 4 を塗布し、薄膜を形成する。紫外線硬化樹脂 6 4 として基板 6 1 よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、薄膜の紫外線硬化樹脂 6 4 は光導波路コアとして機能する。

## 【 0 0 5 9 】

次に、紫外線硬化樹脂 6 4 に紫外線を照射して硬化させる。このとき薄膜の一部に紫外線の強度を変化させて照射させることにより、その他の部分より相対的に屈折率が高い部分が形成される。周りより屈折率の高い部分に光が閉じこめられ、3 次元光導波路として機能する。

## 【 0 0 6 0 】

最後に、電極 6 6 を薄膜上に設置する。電極 6 6 を用いて光導波路となっている紫外線硬化樹脂 6 4 に電圧を印加し、紫外線硬化樹脂 6 4 の電界を変化させることにより薄膜の屈折率が変わるため、光導波路型の光変調器、光スイッチとして機能する。

## 【 0 0 6 1 】

なお、電極 6 6 の対向電極は、基板 6 1 と樹脂 6 4 との界面や、基板 6 1 の樹脂 6 4 が配置されている面と反対側の面に設けることができる。

## 【 0 0 6 2 】

また、本実施の形態では、光学素子は、直線の光導波路を例に挙げて説明したが、これに限るものではなく、一般に使用されている光導波路パターンすべてに適用することができ、分岐や方向性結合器を用いてもよい。また、本実施の形態では、光導波路上に電極を設置したが、これに限るものではなく、光導波路の両側に設置してもよい。電極としてマイクロストリップラインやコプレーナ線路を用いてもよい。

## 【 0 0 6 3 】

また、上述した実施の形態では、屈折率が異なった紫外線硬化樹脂 6 4 の上に

電極 6 6 を設置するとしたが、屈折率が異なっていない紫外線硬化樹脂の上に電極を配置し、その電極を介して紫外線硬化樹脂に電界を印加すると、紫外線硬化樹脂には屈折率が異なる部分が生じる。

#### 【 0 0 6 4 】

（第 6 の実施の形態）

図 7 は、本発明の光学素子の製造方法の第 6 の実施の形態を示す。

#### 【 0 0 6 5 】

まず、ガラスもしくは透明樹脂よりなる基板 7 1 の表面に、紫外線硬化樹脂 7 4 を塗布し、薄膜を形成する。紫外線硬化樹脂 7 4 として基板 7 1 よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、薄膜の紫外線硬化樹脂 7 4 は光導波路コアとして機能する。

#### 【 0 0 6 6 】

次に、紫外線硬化樹脂 7 4 に紫外線を照射して硬化させる。紫外線硬化樹脂は照射する光量によって、硬化後の屈折率が 0. 0 0 1 の範囲内で変化するため、薄膜の一部に紫外線の強度を変化させて照射させることにより、紫外線硬化樹脂 7 4 は硬化され、かつ、その他の部分より相対的に屈折率が高い部分が形成される。このため周りより屈折率の高い部分に光が閉じこめられ、3 次元光導波路として機能する。

#### 【 0 0 6 7 】

なお、本実施の形態においては、1 本の直線の導波路を例に挙げて説明したが、これに限るものではなく、一般に使用されている光導波路パターンすべてに応用することができ、光波の曲がり、分岐、結合の制御もできる。また、上部クラッドとして別の平板基板を設置してもよい。

#### 【 0 0 6 8 】

（第 7 の実施の形態）

図 8 は、本発明の光学素子の製造方法の第 7 の実施の形態を示す。

#### 【 0 0 6 9 】

本実施の形態が上述した第 6 の実施の形態と異なる点は、紫外線硬化樹脂 8 4 に照射される紫外線が周期的な強度分布を有することである。したがって、本実

施の形態において、特に説明のないものについては、第 6 の実施の形態と同じとする。紫外線硬化樹脂 8 4 に周期的な強度分布を有する光を照射することによって、紫外線硬化樹脂 8 4 に周期的な屈折率分布を形成することができる。

#### 【 0 0 7 0 】

屈折率の分布を周期的にすることで光導波路型の回折格子として機能する。光照射方法としては位相マスク法、干渉露光法などを用いてもよい。また、透過率が周期的に変化するフォトマスクを用いてもよい。またレーザ光や電子ビームを走査して照射してもよい。

#### 【 0 0 7 1 】

(第 8 の実施の形態)

図 9 は、本発明の光学素子の製造方法の第 8 の実施の形態を示す。

#### 【 0 0 7 2 】

まず、ガラスもしくは透明樹脂よりなる基板 9 1 の表面に、紫外線硬化樹脂 9 4 を塗布し、薄膜を形成する。紫外線硬化樹脂 9 4 として基板 9 1 よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、薄膜の紫外線硬化樹脂 9 4 は光導波路コアとして機能する。

#### 【 0 0 7 3 】

次に、紫外線硬化樹脂 9 4 に紫外線を照射して硬化させる。紫外線硬化樹脂と光源との間に遮光板 9 3 を挿入し、遮光板 9 3 を基板 9 1 と実質上平行状態を保たせながら順次移動させることによって、紫外線硬化樹脂 9 4 に照射される光の領域を変化させることができ、紫外線硬化樹脂 9 4 への光照射量を実質上連続的に単調減少させ、連続的な屈折率分布を形成することができる。

#### 【 0 0 7 4 】

なお、遮光板の移動速度を変化させることによって任意の屈折率分布を形成することができる。

#### 【 0 0 7 5 】

また、本実施の形態では、1 枚の遮光板を用いたが、複数の遮光板を用いて、複数の方向に連続的に変化する屈折率分布を形成してもよい。また、本実施の形態では、遮光板 9 3 を移動させ照射領域を変化させることにより照射量を変化さ

せたが、透過率が連続的に変化するマスクを用いて紫外線を照射させてもよい。また、本実施の形態では、照射量を連続的に変化させたが、照射量が等しい部分や離散的に変化する部分が存在してもよい。

【0076】

(第9の実施の形態)

図10は、本発明の光学素子の製造方法の第9の実施の形態を示す。

【0077】

まず、図10のようにガラスもしくは透明樹脂よりなる基板101の表面に紫外線硬化樹脂104を塗布する。次に紫外線硬化樹脂104に光ファイバ107を接続する。その後、紫外線を照射することで紫外線硬化樹脂104は硬化され、光ファイバ107が基板上に固定される。紫外線硬化樹脂104として基板101よりも高い屈折率を有するものを用いることにより、紫外線硬化樹脂104は光導波路コアとして機能する。

【0078】

紫外線硬化樹脂は照射する光量によって硬化後の屈折率が変わるため、紫外線硬化樹脂104に周期的な強度分布を有する光を照射することによって、紫外線硬化樹脂104に周期的な屈折率分布を形成することができる。屈折率の分布を周期的にすることで回折格子として機能する。このため光学素子を形成し、かつ同時に光ファイバを接続することができる。

【0079】

なお、本実施の形態では光導波路コア材料として紫外線硬化樹脂を用いたが、これに限るものではなく、例えば熱硬化樹脂でもかまわない。また、本実施の形態では他の光学部品として光ファイバを用いたが、これに限るものではなく、例えば波長フィルタ、アイソレータ、ミラー、レンズ等でもかまわない。また、本実施の形態では、回折格子を形成したが、これに限るものではなく、一般の光導波路でもかまわない。また、発光素子や受光素子、電極配線、半導体素子などの光、電子部品を実装しても良い。

【0080】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明は光学素子、およびこれを製造する製造方法を提案するものであり、光導波路などの光学素子を低コストで大量生産することが容易にできるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態における光学素子を示す図

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態における光導波路型回折格子の機能を示す図

【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態における光学素子を示す図

【図 4】

本発明の第 3 の実施の形態における光学素子を示す図

【図 5】

本発明の第 4 の実施の形態における光学素子を示す図

【図 6】

本発明の第 5 の実施の形態における光学素子を示す図

【図 7】

本発明の第 6 の実施の形態における光学素子の製造方法を示す図

【図 8】

本発明の第 7 の実施の形態における光学素子の製造方法を示す図

【図 9】

本発明の第 8 の実施の形態における光学素子の製造方法を示す図

【図 1 0】

本発明の第 9 の実施の形態における光学素子の製造方法を示す図

【図 1 1】

従来の光学素子の製造方法を示す図

【符号の説明】

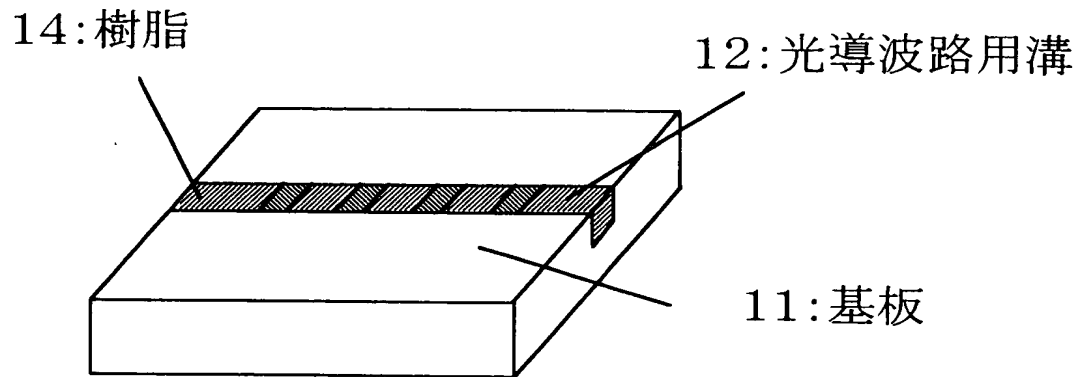
1 1、2 1、3 1、4 1、5 1、6 1、7 1、8 1、9 1、1 0 1、1 1 1

基板

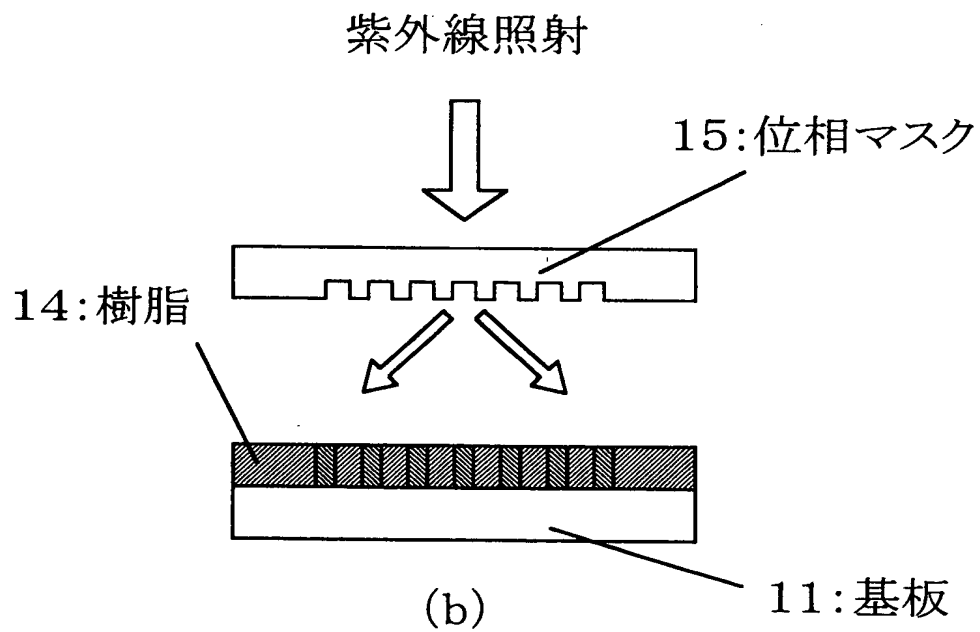
- 1 2、2 2、4 2 光導波路用溝
- 1 4、2 4、3 4、4 4、5 4、6 4、7 4、8 4、9 4、1 0 4 樹脂
- 1 5 位相マスク
- 4 3 凹凸部
- 5 5 温度制御素子
- 6 6 電極
- 9 3 遮光板
- 1 0 7 光ファイバ
- 1 1 4 石英系材料
- 1 1 8 フォトレジスト

【書類名】 図面

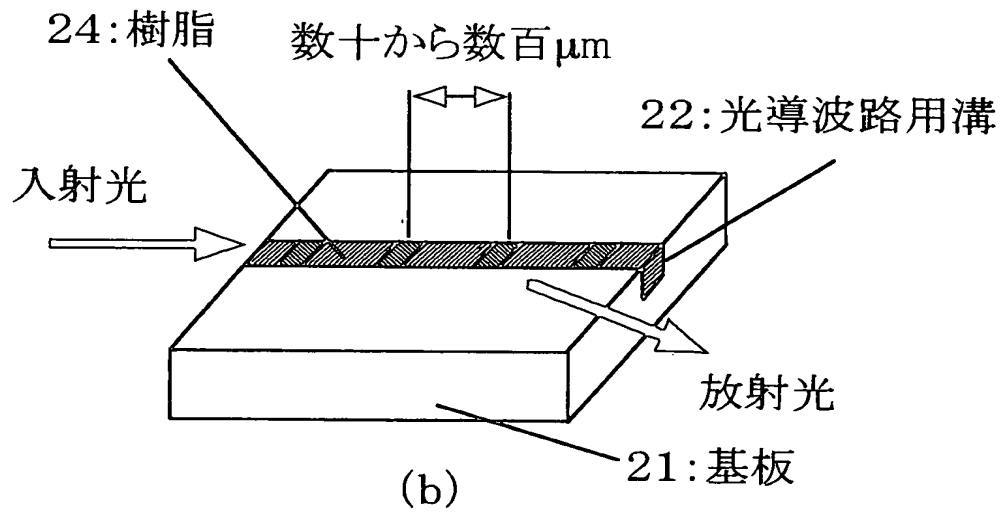
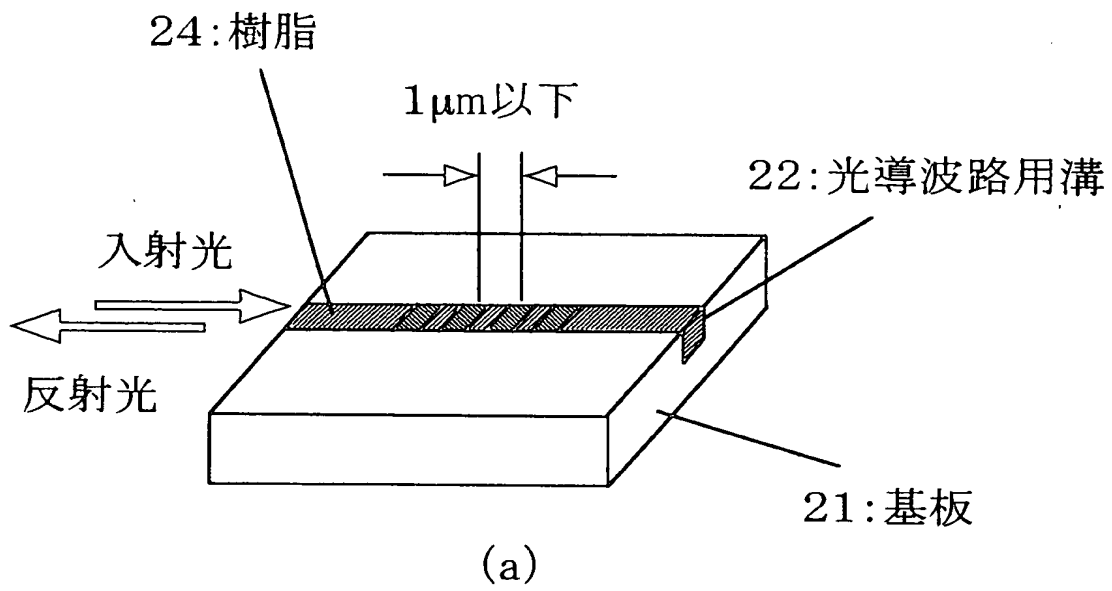
【図 1】



(a)

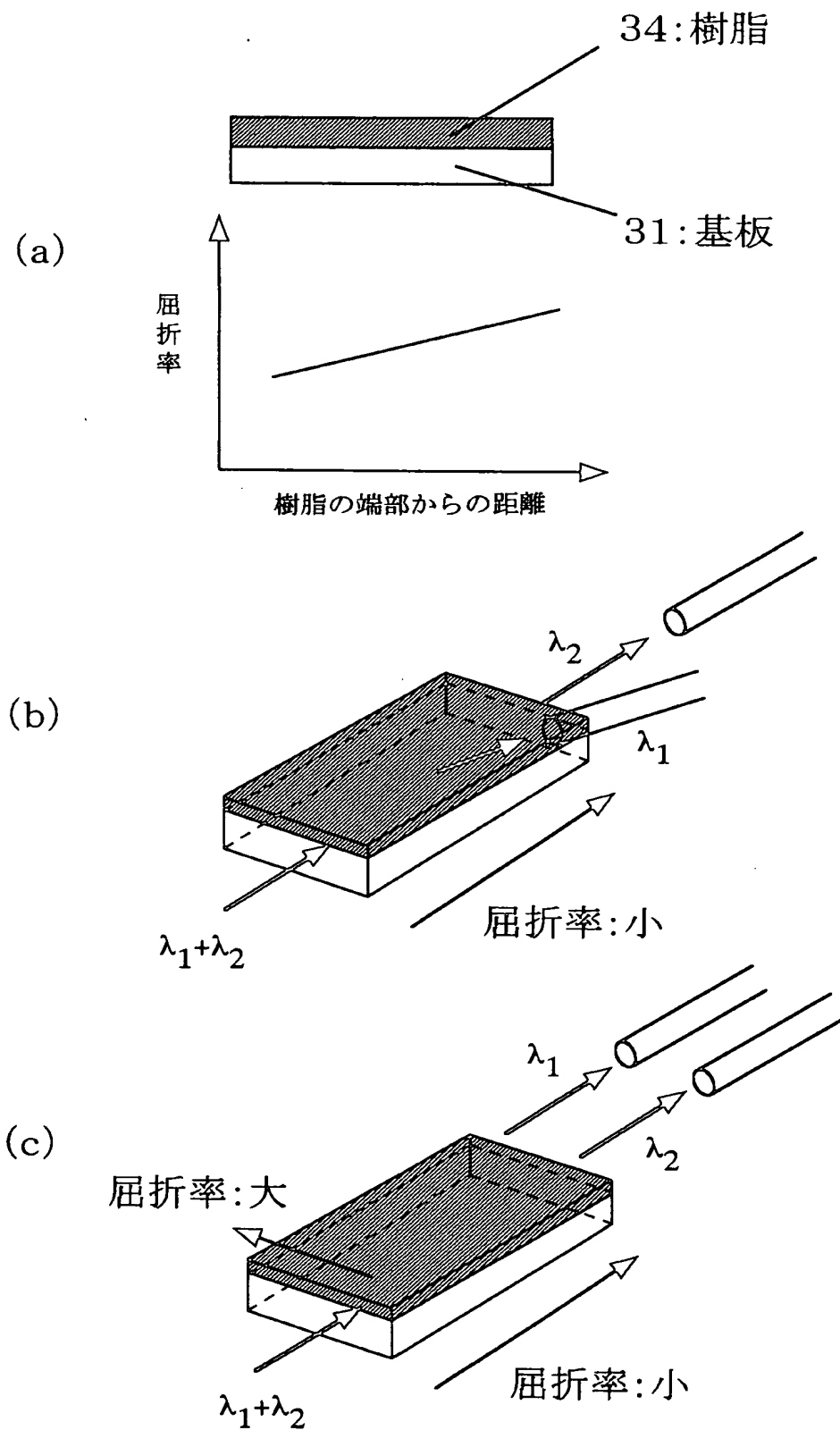


【図 2】

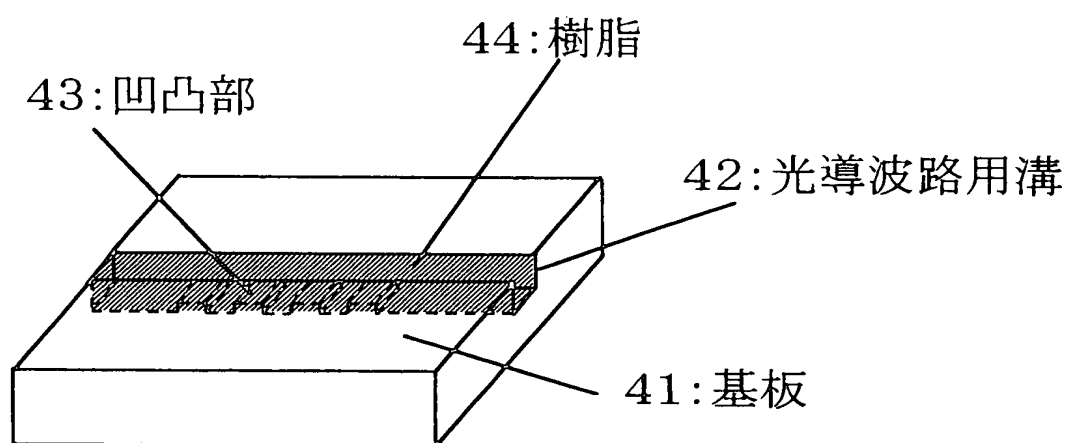




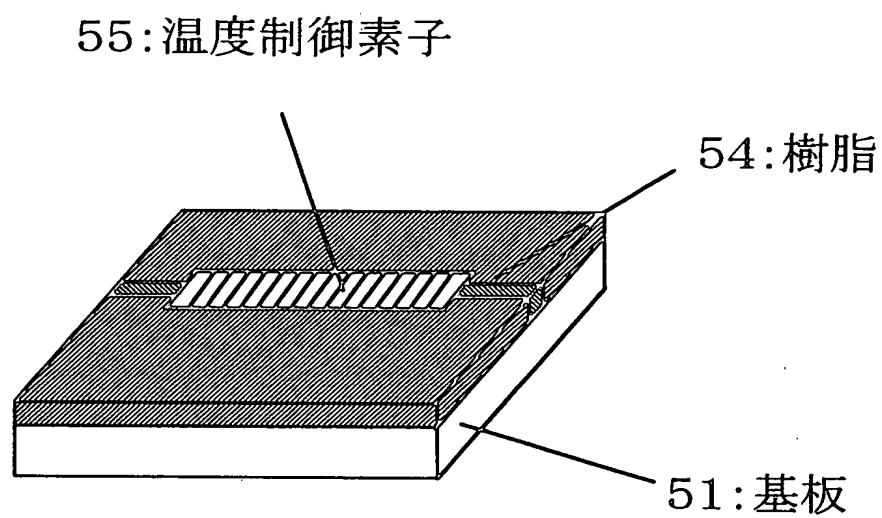
【図 3】



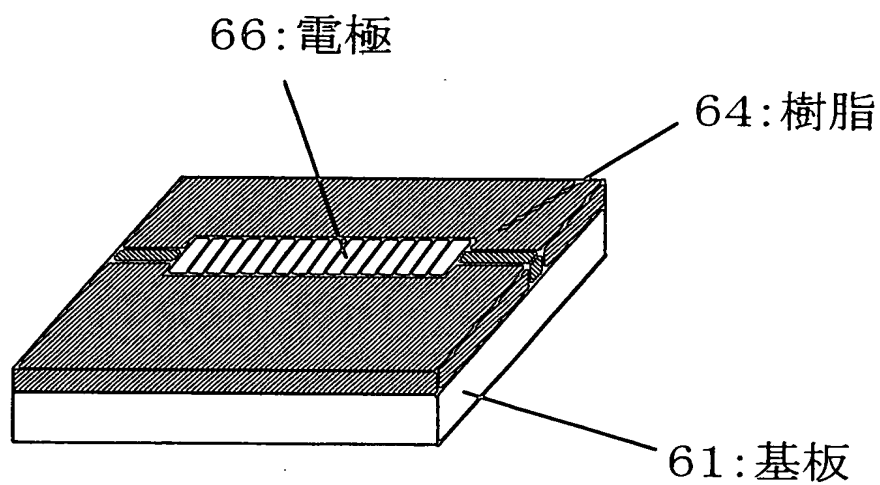
【図 4】



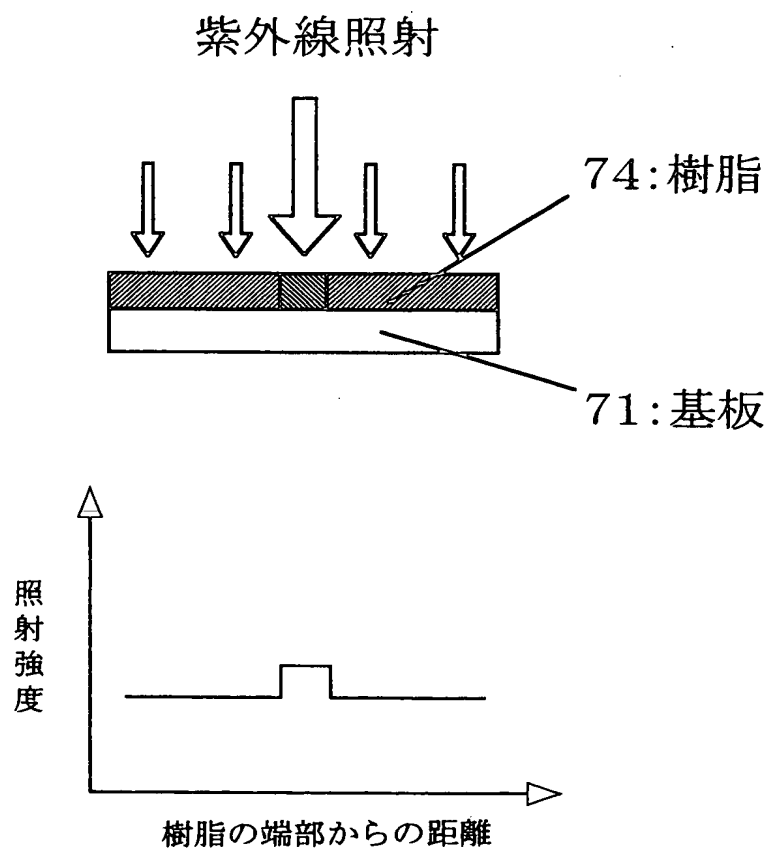
【図 5】



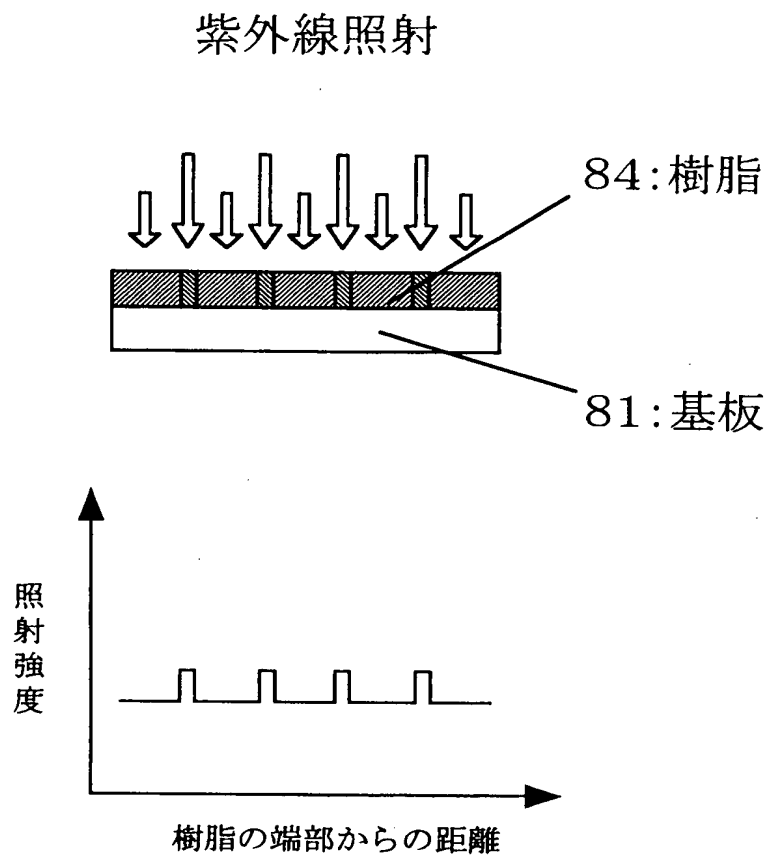
【図 6】



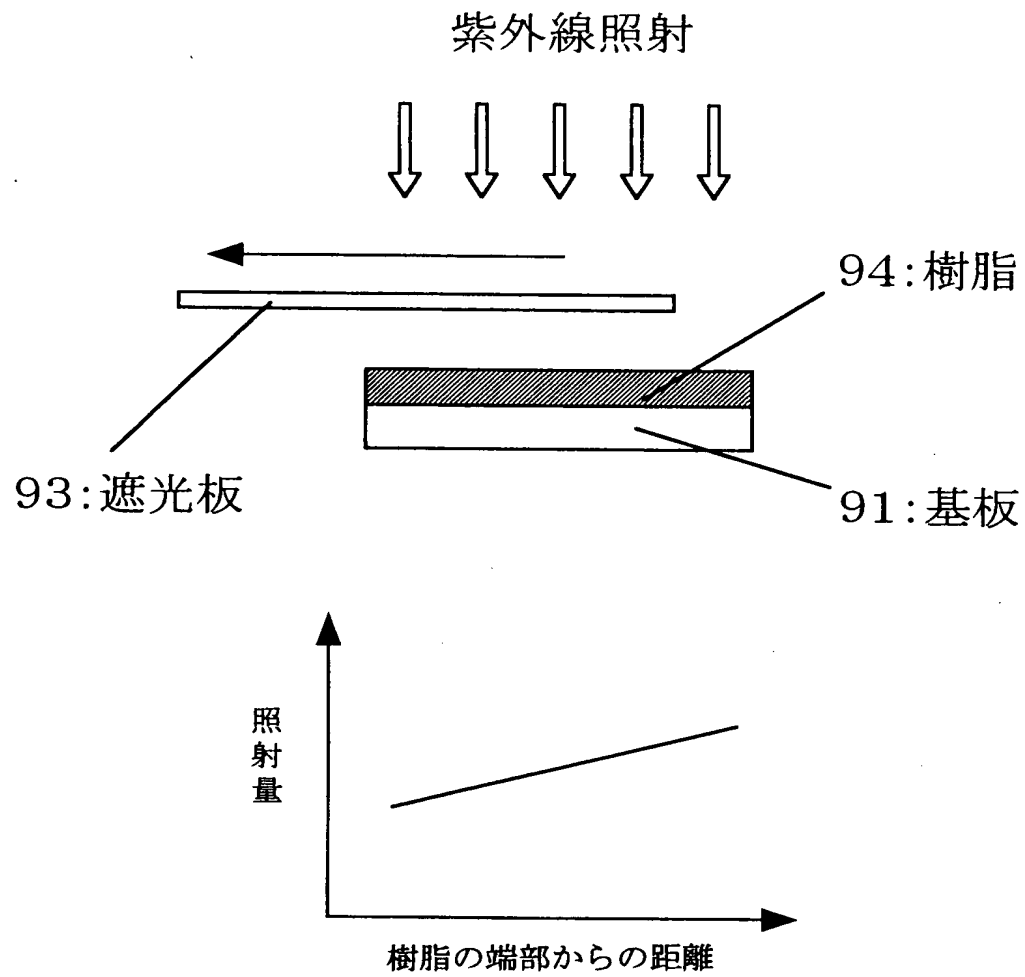
【図 7】



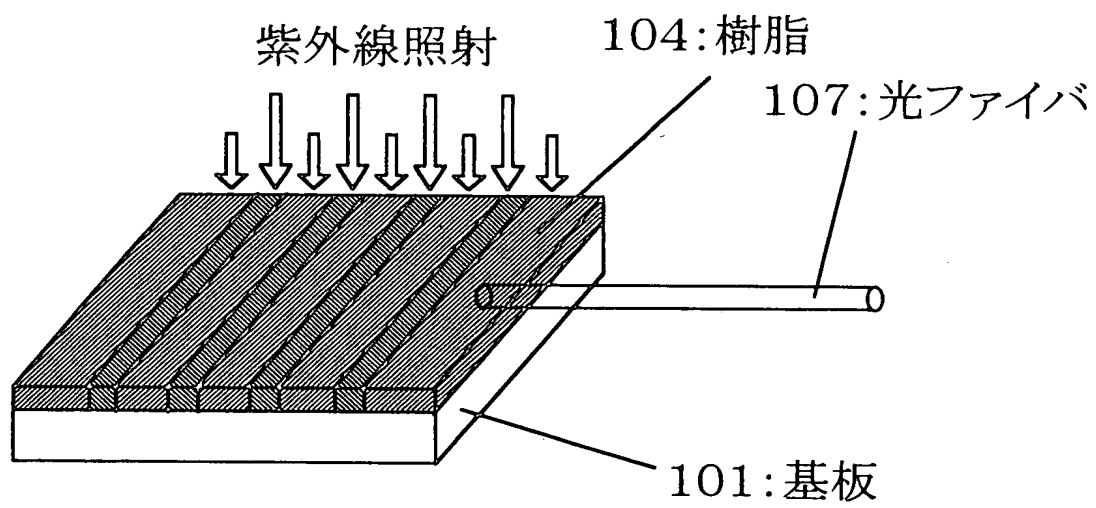
【図 8】



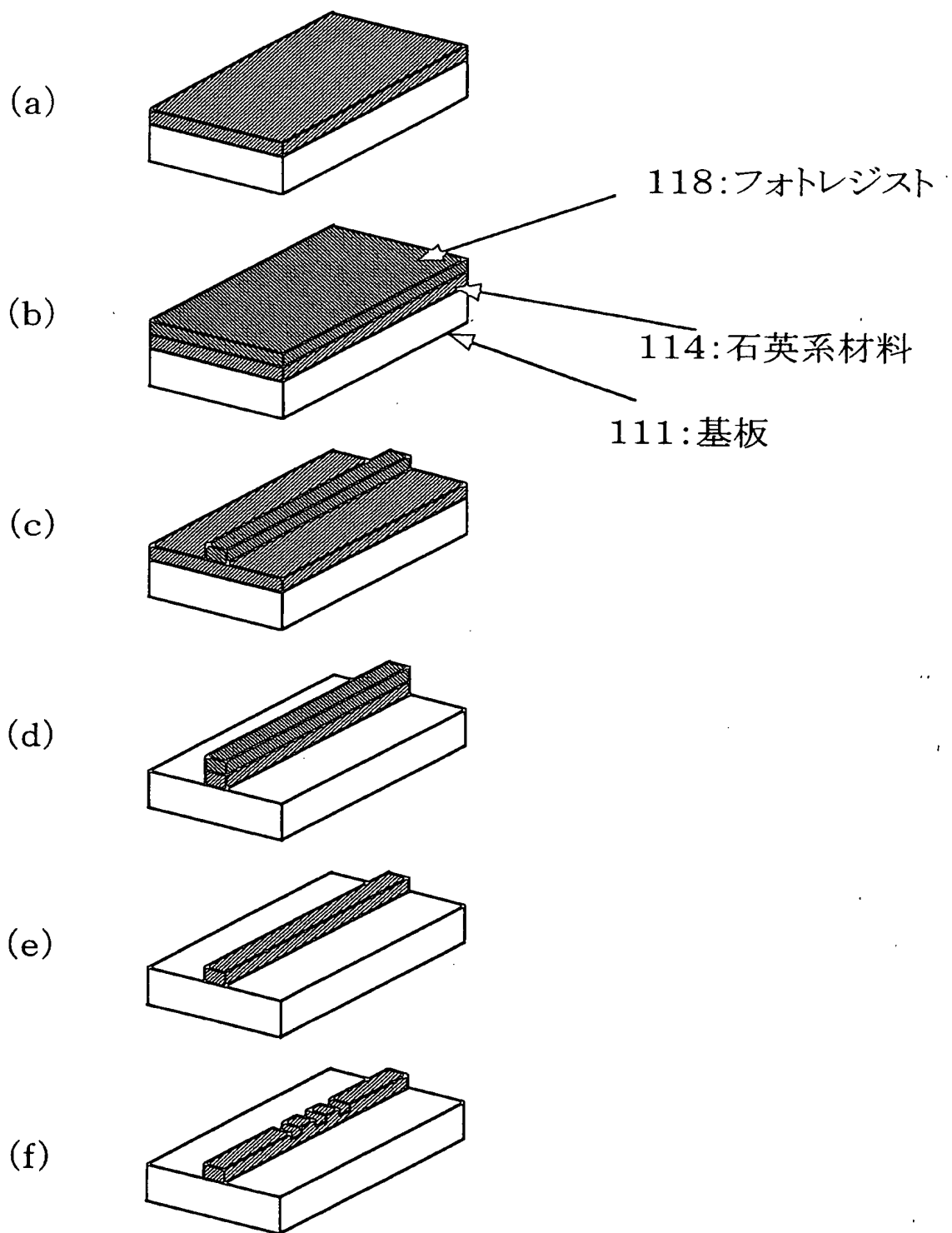
【図 9】



【図 1 0】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 現状、光導波路や回折格子などの光学素子を作製する際には、半導体プロセスを用いており、短時間かつ低コストに生産するのは困難である。

【解決手段】 光導波路や回折格子などの光学素子を作製する際に、基板 1 1 の光導波路用溝 1 2 に光学素子の材料となる樹脂 1 4 を充填し、位相マスク 1 5 を用いて樹脂 1 4 に紫外線を照射して樹脂 1 4 を硬化させながら、樹脂 1 4 の屈折率を周期的に変化させる。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日   |
| [ 変更理由 ] | 新規登録                  |
| 住 所      | 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 |
| 氏 名      | 松下電器産業株式会社            |